

**LA VALUTAZIONE DELL'INTESITÀ
DEL CAMBIAMENTO TECNOLOGICO:
LA SCALA MERCALLI PER LE INNOVAZIONI**

*[The Intensity Evaluation of Technological Change:
the Mercalli scale for innovations]*

Mario Coccia
(Ceris-Cnr)

Gennaio 2002

Abstract

The purpose of this paper, after accurate description of the taxonomies of the innovation available in economic literature, is to evaluate technological change on the basis of the effects provoked by the innovative waves on consumers, firms and markets. Similarly to the Mercalli-Cancani-Sieberg scale, used in seismology to empirically evaluate earthquakes, this paper introduces a scale of innovative intensity (SIIN) characterised by 7 increasing degrees that describe the main effects caused by innovation on the geoeconomic environment. A conclusive discussion will show that the geographical approach proposed is complementary to the historical approach used in economic theory and assists comprehension of the complex phenomenon of economic-technological change.

Keywords: Technological Change, Evaluation, Innovation Intensity, Spatial Impact, Scale, Qualitative Measure, Innovation Waves, Innovation Patterns

Jel Classification: D00, L20, O10, O30, O33

Il presente lavoro è il proseguimento della ricerca, iniziata nel 1998, che analizza il trasferimento delle tecnologie e della conoscenza nelle strutture di ricerca pubbliche, in particolare negli Istituti e Centri del Consiglio Nazionale delle Ricerche italiano (Cnr). Pur essendo il solo responsabile degli errori ed omissioni riscontrabili nel testo, sento di dover ringraziare alcune persone per i loro contributi in termini scientifici e di rapporti umani. Tra questi il direttore del Ceris-Cnr, Prof. Secondo Rolfo, per la paziente lettura dell'articolo e gli utili commenti nella impostazione definitiva. Un ringraziamento particolare è per il Prof. Giorgio Sirilli, Dirigente di Ricerca dell'Istituto di Studi sulla Ricerca e Documentazione Scientifica del Cnr di Roma, per aver accuratamente letto il lavoro e fornitomi dei preziosi consigli scientifici e formali sulla stesura dell'articolo. Inoltre desidero ringraziare il Prof. Franco Malerba dell'Università Commerciale Bocconi di Milano per l'attenta visione del lavoro e gli utili suggerimenti nel perfezionamento finale della ricerca. Mi sento inoltre in debito nei confronti delle assistenti di ricerca, Maria Zittino e Silvana Zelli, che con pazienza e precisione hanno curato l'*editing* del lavoro e di tutto lo staff del Ceris-Cnr che ha dato un'impronta particolarmente significativa nella mia maturazione scientifica ed umana.

WORKING PAPER CERIS-CNR

Anno 4, N° 1 – 2002

Autorizzazione del tribunale di Torino

N. 2681 del 28 marzo 1977

Direttore Responsabile

Secondo Rolfo

Direzione e Redazione

Ceris-Cnr

Via Avogadro, 8

10121 Torino, Italy

Tel. +39 011 5601.111

Fax +39 011 562.6058

E-mail *segreteria@ceris.cnr.it*

Segreteria di redazione

Maria Zittino

Distribuzione

Spedizione gratuita

Fotocomposizione e impaginazione

In proprio

Stampa

In proprio

Finito di stampare nel mese di gennaio 2002

Copyright © 2002 by Ceris-CNR

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the source.

Private edition

INDICE

Introduzione.....	7
1. Concetti fondamentali di economia dell'innovazione	8
2. Tassonomie del cambiamento tecnologico	9
3. Scala dell'intensità innovativa	14
4. Discussione ed implicazioni di politica dell'innovazione	24
Appendice: Scala dell'intensità innovativa.....	31
Bibliografia	32

Introduzione

Lo sviluppo del sistema capitalistico nelle sue fasi (rivoluzione industriale, fordismo, neofordismo e rivoluzione telematica) è avvenuto grazie al cambiamento o mutamento tecnologico che modifica non solo i consumatori e le imprese, ma anche le strutture di mercato ed i sistemi economici. Il cambiamento tecnologico può essere scisso in due elementi (Gaffard, 1990): a) un impulso iniziale che secondo la teoria schumpeteriana rompe il flusso circolare, seguito da innovazioni indotte; b) processo cumulativo di apprendimento. Il cambiamento tecnologico, così decomposto, comporta l'adozione di una data tecnologia nella struttura economica esistente. Metcalfe e Gibbons (1987), studiando le relazioni tra il cambiamento tecnologico e le strutture inter-industriali, hanno posto l'accento sulle forze che determinano il tasso di crescita dei differenti settori e della loro evoluzione nel tempo.

Ricerche degli economisti dell'innovazione negli ultimi cinquanta anni (Nelson, 1981; Link, 1987; Archibugi e Santarelli, 1989; Abramovitz, 1956; Solow, 1957; Freeman e Soete, 1987; Fagerberg, 1987; Sirilli, 1999; Sirilli, 2000) hanno messo a fuoco l'impatto del cambiamento tecnologico sulle principali variabili macroeconomiche di lungo periodo rappresentate da: 1) produttività; 2) tassi di crescita; 3) competitività internazionale e 4) occupazione. Altri studiosi (Durand, 1992) hanno valutato l'impatto delle innovazioni sulla competizione rivedendo la dominanza tecnologica di Abernathy e Utterback (1978), i paradigmi tecnologici di Dosi (1982) e i disegni gerarchici di Clark (1985). Un altro filone di ricerca ha come punto di riferimento gli studi di Freeman (1984) che ha proposto una tassonomia delle innovazioni sulla base di criteri economico-ingegneristici.

Il presente lavoro si propone di valutare l'impatto del mutamento tecnologico sia sui principali attori microeconomici (consumatore ed imprese), sia sul sistema economico in generale. La valutazione sarà svolta proponendo una scala qualitativa che mostra i principali effetti del mutamento tecnologico sull'economia, alla stessa maniera di come la scala Mercalli-Cancani-Sieberg per i terremoti valuta gli effetti dei movimenti sismici sulle persone, gli edifici ed il paesaggio geografico.

L'applicazione in economia di strumenti tipici di altre scienze come la fisica, biologia, geologia, non è nuova. Fra i più importanti contributi si ricordano quelli di derivazione biologica che partendo dalla teoria di Darwin sull'evoluzione della specie spiegano la sopravvivenza delle imprese di fronte al cambiamento economico (Nelson e Winter, 1982; Cohen et al. 2001; Metcalfe, 2001; Cohen and Malerba 2001; Bottazzi et

al. 2001), similmente Brown (1968) fa ricorso a un'analogia tratta dall'epidemiologia per comparare la diffusione dell'informazione con la trasmissione delle malattie da individui infetti ad altri non infetti, e ancora in finanza la complessità del mercato è studiata con strumenti di fisica e fra l'altro, Zumbach et al. (1999) hanno utilizzato la scala Richter per quantificare la dimensione degli shock dei mercati finanziari.

La scala qui proposta ha la caratteristica fondamentale di ordinare l'intensità degli effetti che ha nella presente ricerca un significato esclusivamente ordinale e questa impostazione concettuale è simile a quella che Pareto (1909) usava nell'ordinare i panieri dei beni quando il consumatore doveva compiere una scelta.

Dopo questa introduzione, il lavoro descriverà alcuni concetti fondamentali di economia dell'innovazione e tassonomie presenti in letteratura. Seguirà la presentazione della scala dell'intensità innovativa con tutte le sue implicazioni sui soggetti e sistemi economici. La parte finale del lavoro sarà destinata ad una discussione ed una serie di implicazioni di politica dell'innovazione.

1. Concetti fondamentali di economia dell'innovazione

Il cambiamento tecnologico ha un ruolo vitale nello sviluppo economico. La sua dinamicità consente una costante ricombinazione dei vari fattori che aumentando la produttività e rappresenta un importante meccanismo per incrementare la ricchezza delle nazioni e generare crescita e sviluppo economico. L'invenzione e l'innovazione sono alla base del cambiamento tecnologico. Un'invenzione consiste nell'introduzione di nuove tecniche e processi produttivi nell'insieme delle conoscenze esistenti, mentre un'innovazione consiste nell'adozione di tali processi e nella loro traslazione nella realtà dei cicli produttivi. L'innovazione può includere sia aspetti tecnici (nuove tecnologie, prodotti e servizi), sia gestionali (nuove procedure, politiche e forme organizzative). Secondo Kimberly (1981) l'innovazione è vista come una nuova idea che deve essere utile, profittevole e costruttiva alla risoluzione di un problema. Nuove idee che non sono percepite come utili, sono chiamate normalmente sbagli. Inoltre, quando molte nuove idee sono proposte in organizzazioni, solo alcune sono prese in seria considerazione e sviluppate (Wilson, 1966; Maintland, 1982; Eveland, 1986). Sia le invenzioni che le innovazioni sono strettamente associate all'esistenza di vigorosi sistemi economici in espansione ed in possesso delle necessarie risorse e talenti imprenditoriali. Secondo Schumpeter (1935) una componente fondamentale è la specifica serie di attributi comportamentali della società operante nel sistema economico. Lo spirito di frontiera, come lo chiama Hansen (1967), contribuisce a

stimolare l'invenzione e l'assunzione del rischio. Quando tale ottimismo s'innesci, un potente meccanismo comportamentale consente di alimentare il mutamento tecnologico e di conseguenza lo sviluppo economico. Le invenzioni sono generate nei laboratori di ricerca pubblici e privati, definiti come sorgenti della conoscenza. Dopo la loro creazione, sono assorbite dal sistema economico sotto forma di innovazioni. Si definisce *assimilazione della conoscenza tecnologica* il processo di deformazione dei contenuti tecnologici espliciti o taciti, non integrabili così come sono, che avviene nella struttura organizzativa durante il processo di trasferimento tecnologico. Il concetto non va confuso con l'uso comune di assimilazione usato in psicologia nell'accezione di acquisizione di conoscenze, per la quale varrebbe piuttosto il termine tecnico di interiorizzazione. L'interiorizzazione tecnologica, invece, è un processo di integrazione nel sistema organizzativo di contenuti tecnologici esterni di tipo esplicito o tacito (esistenti nella cultura e sistema organizzativo di altri soggetti come ad esempio imprese, centri di ricerca e così via), ripresi attraverso i normali canali di comunicazione. In psicologia Piaget (1952) usava come sinonimo di interiorizzazione il termine *mentalisation = presa di coscienza*. L'innovazione tecnologica quando è assimilata dal consumatore o dall'organizzazione genera azioni interiorizzate (prese di coscienza) e coordinate con le altre.

2. Tassonomie del cambiamento tecnologico

Il cambiamento tecnologico avviene sulla base di un processo che può essere distinto in: genesi, progresso tecnico normale e frontiera tecnologica. Nella prima fase si generano una serie di paradigmi tecnologici potenziali sui quali agiscono i cosiddetti *focusing devices* (Sahal, 1981) che selezionano gli stessi sulla base di fattori ex-ante (economici) ed ex-post (mercato) e danno origine al paradigma tecnologico dominante del cambiamento (soluzioni di problemi tecnologici selezionati, basati su principi selezionati derivanti dalle scienze naturali e su tecnologie materiali selezionate; Dosi, 1982). Nella seconda fase del "progresso tecnico normale" si generano traiettorie tecnologiche (il percorso tracciato dall'attività normale di risoluzione dei problemi sulla base di un paradigma; Nelson e Winter, 1982) lungo le quali avviene un costante flusso di cambiamento tecnologico latente. La terza fase rappresenta il livello massimo raggiunto da un percorso tecnologico.

In un articolo del 1992 lo studioso francese Durand fa un'elencazione dei differenti punti di vista usati per analizzare l'innovazione:

- *Tecnologia*. L'innovazione può essere vista attraverso il suo contenuto tecnico o attraverso i requisiti che immette nella capacità dell'impresa;
- *Mercato*. L'innovazione può essere valutata attraverso la percezione del consumatore o attraverso l'impatto che può avere sulla dinamica competitiva.

Quattro differenti prospettive possono essere adottate per analizzare l'intensità e la significatività del cambiamento tecnologico:

- *Input tecnologico*: novità tecnica o merito scientifico;
- *Competence throughput*: nuove e rinforzate esigenze sulle competenze (risorse, abilità e conoscenza), *transilience* (Abernathy e Utterback, 1985);
- *Percezione del mercato*: novità del mercato, nuove funzioni proposte ai consumatori;
- *Output strategico*: impatto sulla posizione competitiva delle imprese.

Sahal (1985) e Saviotti (1988) hanno svolto numerosi tentativi per analizzare l'innovazione sulla base della loro rilevanza tecnico-ingegneristica. Questo approccio è meno indicato per valutare l'impatto del cambiamento tecnologico sull'intero sistema economico. Dopo i contributi pionieristici di Schumpeter (1939) secondo il quale la conoscenza tecnica è accumulata sia mediante le invenzioni, sia mediante le innovazioni, il cambiamento tecnologico è stato distinto da Mensch (1979) in innovazioni migliorative e fondamentali, da Priest e Hill (1980) in incrementali e discrete e da Archibugi-Santarelli (1989) in minori e maggiori. Il comune denominatore di questi studi è quello di attribuire ad ogni innovazione il medesimo impatto tecno-economico.

Molti studi dedicati alla valutazione del cambiamento tecnologico si sono concentrati nel campo della misurazione e classificazione dell'innovazione ed uno dei più importanti contributi è stato svolto dalla Science Policy Research Unit (SPRU) dell'Università di Sussex (Townsend, 1981; Pavitt, 1984). Le innovazioni erano classificate in base a tre criteri differenti: 1) il gruppo tecnologico di appartenenza dell'innovazione (chimica, elettronica, farmacia, ecc.); 2) il settore di attività dell'ente di produzione; 3) il settore di utilizzazione dell'innovazione.

Per alcune innovazioni i tre tipi di classificazione possono coincidere, ad esempio un processo chimico creato da un'impresa chimica; in altri casi i tre codici possono essere diversi: ad esempio una macchina per il caffè (Archibugi, 1988). Quando si individua un'innovazione non è difficile identificare il contenuto tecnologico, l'organizzazione che l'ha promossa e in quale prodotto sarà utilizzata. Sulla base dei tre criteri suddetti Archibugi (1988) propose una griglia classificatoria riportando sui tre

assi j ($j= 1, \dots, n$) il gruppo tecnologico di appartenenza, i ($i= 1, \dots, n$) l'attività dell'organizzazione che l'ha prodotta e k ($k= 1, \dots, n$) il settore di prima utilizzazione di un'innovazione. In questo modo si ha una classificazione omogenea delle tre caratteristiche dell'innovazione. Questa classificazione è rappresentata con un quadro di riferimento simile ad un cubo nel quale possono essere inserite tutte le innovazioni rilevate. Il cubo può a sua volta essere scomposto in tre matrici quadrate e questo porta ad uno schema concettuale che semplifica l'interpretazione teorica delle interdipendenze settoriali rilevanti ai fini dell'analisi dei processi innovativi.

Pavitt (1984), un altro studioso dell'Università di Sussex, utilizzando la banca dati della SPRU, classificò le fonti del cambiamento tecnologico all'interno dei vari settori in: a) *supplier dominated*; b) *specialized supplier*; c) *scale intensive*; d) *science based*. A queste quattro tipologie base si può aggiungere e) *information intensive* (Archibugi, 1989) dove si trovano imprese che fanno un largo uso dell'informazione, specializzate in tecnologie che riducono al minimo i costi di transizione (ad esempio imprese del terziario). Infine ritengo siano da aggiungere anche le imprese che domineranno, a mio avviso, i mercati futuri: f) *knowledge based*, imprese che sviluppano all'interno know how innovativo e sono caratterizzate da scarse immobilizzazioni ed elevato decentramento all'esterno dell'attività produttiva progettata all'interno. Queste ultime imprese si limitano all'assemblaggio dei componenti e nel fornire assistenza di elevata qualità ai clienti ed un ruolo fondamentale ha, al loro interno, il personale (detentori della conoscenza).

Durand (1992) sempre nel suo lavoro è principalmente interessato alle conseguenze dell'innovazione sulla dinamica industriale ed ha costruito un albero tecnologico duale che mappa le principali traiettorie lungo le complesse e differenti diversità di tecnologie potenziali, man mano che soddisfino certe funzioni. Nel suo approccio ha distinto il cambiamento tecnologico in tre categorie a secondo della sua intensità (radicale, micro-radicale, incrementale) e questa classificazione è utile per arricchire la tassonomia usata da Abernathy e Clark (1985): architetturale, rivoluzionaria, regolare e creazione di nicchia. Lo studioso francese si è focalizzato soprattutto sulla significatività strategica delle tre categorie di innovazione:

- a) quando un cambiamento tecnologico avviene come risultato di una continua innovazione incrementale, la competizione si focalizza sia sulla dinamica dei costi, sia sul raggiungimento della qualità o differenziazione strategica. Non ci sono grandi opportunità strategiche ma una situazione di continue innovazioni incrementali che non portano ad una distruzione della dinamica competitiva;
- b) quando un'innovazione radicale avviene può essere una minaccia per i leader del mercato ed un'opportunità per i follower. Gli innovatori ricercano rendite

tecnologiche come le chiamano gli economisti, invece il management le chiamerebbe piuttosto un *sustainable competitive advantage*;

- c) quando un'innovazione micro-radicalemente avviene solo una parte della competenza accumulata intorno alla precedente tecnologia dominante è distrutta. Una parte utile è rimbalzata verso la nuova tecnologia dominante. L'impatto di un'innovazione micro-radicalemente sul cambiamento della competizione è moderato.

Ai fini di questo lavoro è utilizzata come tassonomia delle innovazioni la seguente che raccoglie il contributo di Freeman e Soete (1987), integrato con quella di Durand (1992), Archibugi-Santarelli (1989) e nel punto iniziale da parte di chi scrive:

- *Innovazioni latenti*. Con questo termine si indicano quelle pseudo-innovazioni derivanti dall'esperienza dell'individuo che col tempo svolge operazioni in passato difficili e laboriose, generando migliori risultati nell'output e nel processo produttivo. È una combinazione di apprendimento da utilizzo, per esperienza e da interazione (Malerba, 1988; 2001).
- *Innovazioni incrementali*. Sono un insieme di piccoli ed elementari miglioramenti sul disegno del prodotto o sui processi di produzione. Queste innovazioni avvengono in modo pressoché continuo nel sistema economico, con tassi diversi fra i vari settori. Hanno il principale impatto sull'impresa che li promuove e introduce. Le innovazioni incrementali lungo determinate traiettorie tecnologiche possono essere paragonate a ciò che Kuhn (1962) chiamava scienza normale. Abernathy e Clark (1985) facendo gli esempi di alcune industrie, come quella dell'auto, parlano di innovazione regolare che si può collocare in questa tipologia. I cambiamenti che introducono sono minori e a volte difficili da conteggiare, in ogni caso aumentano la produttività.
- *Innovazioni maggiori*. Avvengono in maniera continua nel tempo e riguardano diverse imprese ed organizzazioni che modificano le condizioni di produzione. Secondo Archibugi e Santarelli (1989) possono provocare significativi mutamenti nella gerarchia delle imprese dello stesso settore.

Le categorie di innovazioni appena descritte rientrano in quella che si può considerare "prima fascia". Tutte hanno il comune denominatore di accadere in maniera continua nel tempo, mentre le due seguenti, rientranti nella "seconda fascia", sono caratterizzate dal fatto di avvenire in maniera discontinua nel tempo.

- *Innovazioni micro-radicali.* Sono alcuni cambiamenti intermedi che distruggono e continuano. Secondo Durand (1992) passando dalle memorie a 64k DRAM alle 128k e poi alle 256k, non si sono avuti né cambiamenti radicali né incrementali. Queste innovazioni possono generare quelle che Abernathy e Clark (1985) chiamano innovazioni di nicchia: si usa la tecnologia esistente per aprire nuovi legami col mercato. Gli effetti sulla produzione sono di massimizzare le vendite e migliorare la tecnologia esistente.
- *Innovazioni radicali.* Avvengono in modo discontinuo nel tempo e la loro diffusione può assumere un andamento ciclico. Innovazioni di questo tipo cambiano le condizioni di produzione in più di un'impresa e tendono a diffondersi in tutte le imprese dello stesso settore. Queste innovazioni sono state definite di base da Mensch (1975). Secondo la terminologia di Abernathy e Clark (1985) queste sono le cosiddette innovazioni architetturali che ridefiniscono la configurazione base del processo e del prodotto. Un esempio è il modello T di Ford.
- *Nuovi sistemi tecnologici.* Keirstead (1948) nella sua esposizione della teoria schumpeteriana dello sviluppo economico, introduceva il concetto di costellazioni di innovazioni che erano tecnicamente ed economicamente interrelate. Esempi sono i grappoli di innovazioni petrolchimiche avvenute negli anni trenta, quaranta e cinquanta. Freeman et al. (1982) chiamano questi grappoli come nuovi sistemi tecnologici che includono numerose innovazioni radicali ed incrementali, di prodotto e di processo. In questa tipologia sicuramente rientra quello che Sahal (1985) chiama sistema di innovazioni: nascono dall'integrazione di due o più tecnologie in stato di simbiosi, nel tentativo di semplificare i contorni della struttura economica.
- *Rivoluzioni tecnologiche (cambiamenti dei paradigmi tecno-economici).* Determinano la base di un sistema economico, modificando radicalmente la struttura produttiva in tutti i settori. La caratteristica di questi cambiamenti tecnici è di influenzare la struttura dei costi, della produzione e della distribuzione per tutte le branche dell'economia. Un cambiamento nel paradigma tecno-economico comprende grappoli di innovazioni radicali ed incrementali che abbracciano diversi *nuovi sistemi tecnologici*. Una volta che un nuovo paradigma tecno-economico è diventato stabile in tutta l'economia, può essere descritto come un nuovo regime. Infatti, Nelson e Winter (1982) usavano i concetti di regimi tecnologici e di traiettorie naturali della tecnologia. Le traiettorie naturali generali di Nelson e Winter, secondo Freeman corrispondono ai loro paradigmi. Dosi ha usato l'espressione di cambiamento dei paradigmi tecnologici, facendo confronti con l'approccio usato da Kuhn (1962) nelle rivoluzioni scientifiche e nei cambiamenti

dei paradigmi nelle scienze di base. Il termine “rivoluzione” in questi tipi di innovazioni è usato anche da Abernathy e Clark (1985). Le principali caratteristiche di una rivoluzione tecnologica possono essere così elencate (Freeman e Soete, 1986):

- drastica riduzione nei costi di molti prodotti e servizi;
- opportunità per una gamma interamente nuova di prodotti e servizi e per un notevole miglioramento delle caratteristiche tecniche di molti prodotti e processi produttivi;
- accettazione politica e sociale;
- integrazione ambientale.

Queste ultime due innovazioni formano la cosiddetta “terza fascia” e sono anch’esse caratterizzate dall’avvenire in maniera discontinua nel tempo, solo che a differenza della precedente fascia l’intervallo temporale è di lungo periodo.

Le tassonomie proposte da Freeman, Pavitt, Durand, Abernathy e Clark, sono una testimonianza del dibattito attuale presente nell’economia dell’innovazione. La tassonomia di Freeman sottolinea la discontinuità del cambiamento tecnologico visto come un insieme di rotture. Quella di Pavitt enfatizza l’aspetto cumulativo dell’attività economica, infine quella di Abernathy, Clark e Durand si focalizza sul gioco competitivo.

Il presente lavoro cercherà di sintetizzare le differenti denominazioni usate nei diversi in un’unica denominazione dell’intensità del cambiamento tecnologico. Il punto centrale su cui le tassonomie si integrano è quello di mostrare come certi cambiamenti degli oggetti cambiano anche i soggetti e i sistemi, ossia le imprese e la struttura industriale. Lo studio delle tassonomie esposte fornisce un’analisi storica del cambiamento tecnologico verificatosi nel corso dei secoli, mentre nel presente studio si cercherà di valutare l’intensità del cambiamento tecnologico con un approccio più geoeconomico che sia complementare al precedente.

3. Scala dell’intensità innovativa

Analogamente alle onde sismiche, i sistemi economici sono soggetti nei loro processi evolutivi alle cosiddette onde innovative (Schumpeter, 1939; Mensch, 1979). Al di là di analogie euristiche, è necessario sviluppare delle misure degli stati di innovazione nei sistemi economici e fornire delle valutazioni qualitative degli effetti

sull'ambiente economico. Attualmente sul cambiamento economico e tecnologico non esistono misure qualitative degli effetti innovativi, anche se in altri campi ci sono un'ampia varietà di scale usate per graduare (e quantificare) un evento o la potenza del cambiamento. Fra gli esempi più comuni si ricordano la scala MCS (Mercalli, 1889; Cancani, 1903; Sieberg, 1930) o la scala Richter (1958) che in geofisica misurano l'intensità dei terremoti, la scala internazionale degli eventi nucleari (INES), la scala dell'ammiraglio inglese F. Beaufort indicativa della forza del vento ed infine la Scala Douglas indicativa dello stato del mare.

La valutazione dell'intensità innovativa ha sempre interessato gli economisti che hanno utilizzato i diversi criteri esposti nella precedente sezione. Si è visto come possono avvenire differenti tipi di innovazioni, alcune di lieve entità altre di maggiore, alcune a lenta diffusione altre a veloce. Una semplice descrizione del tipo di innovazione può essere utile ma contemporaneamente fa perdere tutta una serie di informazioni vitali. La scala dell'intensità innovativa qui proposta è una misura, o meglio una valutazione, del cambiamento tecnologico in base agli effetti provocati dall'innovazione sull'ambiente socioeconomico, in maniera analoga a quanto avviene in sismologia con la Scala Mercalli¹ che valuta empiricamente gli effetti provocati da un terremoto nel paesaggio geografico. Gli effetti di qualsiasi innovazione dipendono da una serie di fattori estremamente variabili. Questi fattori sono di tipo:

- Intrinseco all'innovazione. Sahal (1985) sostiene come l'innovazione nel suo tragitto di diffusione subisca dei mutamenti a seguito delle sue proprietà funzionali e strutturali;
- Ambientale, legate alle condizioni economiche ove l'innovazione è immersa (distanza dei fruitori dalla sorgente, percorso, tipologia e contenuto del tessuto industriale presente e così via);
- Sociale, dipendenti dal livello culturale della popolazione a recepire un evento innovativo.

Sahal (1985) sostiene che nel suo tragitto l'innovazione subisca dei mutamenti ma, contemporaneamente, con i suoi effetti innesca nello spazio economico un insieme di forze socioeconomiche che alterano la topografia stessa del paesaggio.

¹ Il riferimento allo studioso Mercalli è giustificato dal fatto che fu il primo nel 1902 a proporre una scala dell'intensità sismica, perfezionando il concetto introdotto nel 1880 da Michele De Rossi e François Forel, in seguito integrata dagli americani Wood e Neumann. Altre integrazioni furono fatte da Cancani e Sieberg e questo spiega l'attuale denominazione in Europa occidentale di scala MCS, in onore dei tre grandi sismologi. Analogamente in Europa orientale è usata la scala MKS (Medvedev, Karnik e Sponheuer).

La scala dell'intensità innovativa consiste in una descrizione degli effetti che le innovazioni producono su un numero di soggetti, oggetti e sistemi. Questi possono essere considerati come dei sensori e la loro reattività al cambiamento tecnologico può essere una misura della forza dell'innovazione. I sensori che possono essere utilizzati per valutare l'intensità di un'innovazione sono:

- *Consumatori e imprese.* All'aumentare dell'intensità del cambiamento tecnologico un maggior numero di soggetti avvertono l'innovazione;
- *Mercati.* All'aumentare dell'intensità del cambiamento tecnologico un maggior numero di mercati subiscono dei cambiamenti, alcuni dei quali sono letteralmente in crisi, mentre altri crescono ad una velocità vertiginosa;
- *Vie di comunicazione.* All'aumentare dell'intensità innovativa le vie di comunicazione umana subiscono progressivamente cambiamenti strutturali maggiori;
- *Ambiente socioeconomico.* All'aumentare dell'innovazione aumenta la probabilità di cambiamenti, con crescita e sviluppo in alcuni casi.

Qualsiasi particolare effetto su uno di questi “sensori” può essere considerato come uno strumento diagnostico.

Le innovazioni nella presente scala hanno un grado di intensità crescente in base agli effetti provocati sull'ambiente e si parte dall'estremo inferiore che è il I grado (minima intensità) e si arriva all'estremo superiore pari al VII grado (valore max di intensità). Preferisco usare i numeri romani, analogamente a quanto avviene in sismologia per indicare i valori di intensità. Inoltre non esistono numeri frazionari, e quando un'innovazione è valutata con un'intensità del V-VI grado non significa 5.5 ma che sono stati valutati effetti relazionabili sia al grado V, sia al grado VI della scala. L'intensità sui consumatori, imprese, mercati e sistemi economici si valuterà in base:

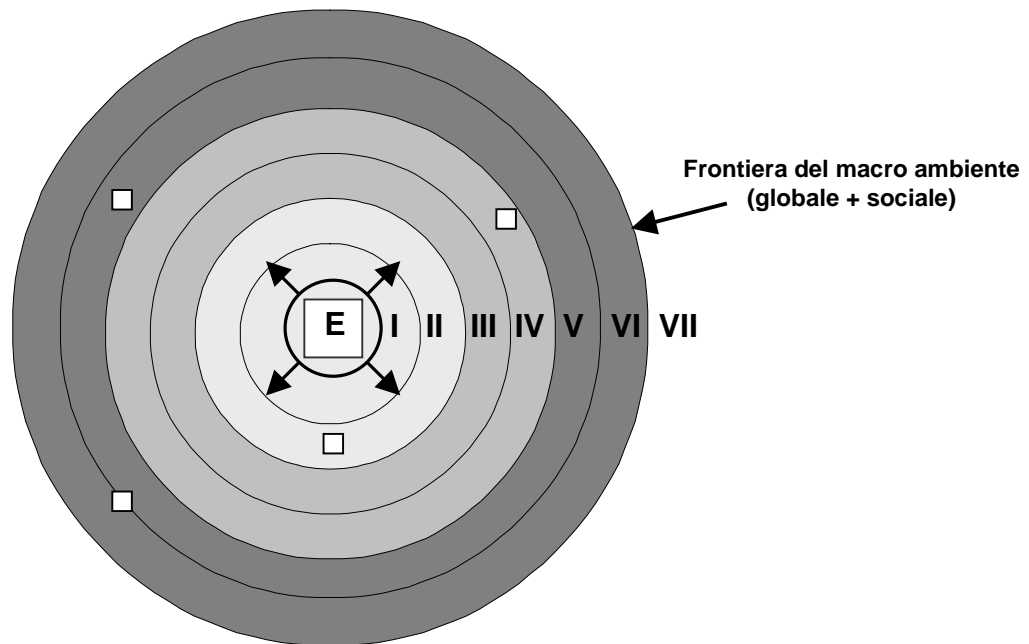
- al grado di cambiamento (I-VII)
- quantità (uno, molti, tutti).

La raccolta delle informazioni può essere effettuata già con un'osservazione diretta dell'ambiente. Tipicamente i valori massimi sono presenti presso l'area dove l'innovazione è creata (epicentro innovativo) e poi gradualmente decrescono man mano che ci si allontana (eccetto alcune zone sviluppate altamente ricettive per il loro fertile tessuto economico-industriale che generano quelli che sono denominati effetti localizzati di assorbimento innovativo).

Tabella 1 – Scala dell'intensità innovativa

CAMBIAMENTO TECNOLOGICO				
Grado dell'innovazione		Livello	Intensità	Tipologia
1 ^a Fascia	I = 1°	Basso	Leggerissima	Latente
	II = 2°	Basso	Leggera	Incrementale
	III = 3°	Basso	Modesta	Maggiore
2 ^a Fascia	IV = 4°	Medio	Discreta	Microradicale
	V = 5°	Medio	Forte	Radicale
3 ^a Fascia	VI = 6°	Alto	Fortissima	Nuovi sistemi tecnologici
	VII = 7°	Alto	Rivoluzionaria	Cambiamenti dei paradigmi tecno-economici

Figura 1 – Onde innovative nello spazio economico



- E = Epicentro dell'innovazione
 □ = Effetti localizzati dove l'intensità dell'innovazione è diversa dalla fascia di appartenenza; *maggiore* in ambienti socio-economici più dinamici; *minore* dove l'area presenta sacche di sottosviluppo

Il decadimento dell'intensità con la distanza si definisce attenuazione e trova le fondamenta teoriche negli studi del geografo svedese Hagerstrand (1960). A partire dai valori di intensità registrati in determinate aree che si suppongono irradiarsi in maniera

concentrica (e/o ellittica) dall'epicentro si individuano le mappe di isoinnovazione (cioè la superficie ove si ha la medesima intensità)². Gli effetti dell'innovazione sull'ambiente sono estremamente variabili e l'impatto sui soggetti economici tende a crescere all'aumentare del grado. Nei primi gradi (I-III) gli effetti sono di intensità bassa e interessano solo le imprese che operano in singoli settori. Man mano il grado nella scala aumenta, i cambiamenti sui soggetti (imprese e consumatori) tendono ad essere di più ampia portata generando mutamenti nel sistema economico e sulle vie di comunicazione umana. Sahal (1985) nella descrizione della morfogenesi dell'innovazione sostiene come una variazione negli oggetti spesso comporta anche una complicazione della struttura economica.

All'aumentare del grado della scala gli effetti dell'onda innovativa tendono ad interessare in maniera crescente i seguenti elementi:

- Consumatori
- Imprese ed altre organizzazioni
- Mercati
- Vie di comunicazione.

Quindi un'innovazione che modifica le vie di comunicazione (VI e VII grado), genererà dei grandi stravolgimenti nei primi elementi (consumatori ed imprese). Qui di seguito si darà una descrizione dei principali effetti provocati dalle onde innovative ai rispettivi gradi di intensità.

- **Innovazione di I grado-leggerissimo: “latente”.** Sono frutto del processo di apprendimento individuale e generano i seguenti effetti:
 - *Consumatore.* Migliora l'uso di un bene, aumentandone l'efficacia.
 - *Impresa.* L'apprendimento, base di questa pseudo-innovazione, si traduce *coeteris paribus* in un aumento della performance del personale.
 - *Mercati.* L'impatto è impercettibile.
- **Innovazione di II grado-leggero: “incrementale”.** Sono piccoli ed elementari miglioramenti nel prodotto e processo di produzione. I principali effetti generati sono:
 - *Consumatore.* Trae un beneficio nell'uso del bene che gli genera un leggero incremento di utilità sotto forma di una migliore situazione gradevole, comoda e vantaggiosa di soddisfazione. Dal punto di vista microeconomico il

² Confronta anche il lavoro di Coccia (2001).

consumatore si sposta su una funzione di utilità più distante dall'origine e da quella corrispondente al prodotto senza l'innovazione.

- *Imprese.* Riguarda una *singola impresa* e genera un miglior uso degli input e leggero incremento dell'output. In microeconomia un'innovazione incrementale si può descrivere come un leggero spostamento dell'isoquanto verso l'origine. A tal proposito nella letteratura l'innovazione rinvenibile con questo spostamento riguarda i processi (*process innovation*). Ma normalmente l'introduzione di un migliore processo produttivo determina spesso modificazioni anche in qualche caratteristica del prodotto ottenuto e viceversa. D'altra parte è evidente come l'innovazione che riguarda il prodotto di un determinato settore può, in certi casi, essere considerata un'innovazione riguardante il processo di un altro settore, se questo utilizza il nuovo prodotto come mezzo di produzione. Siccome questa distinzione in innovazione di prodotto e di processo nella teoria economica dell'innovazione non è completamente soddisfacente nel proseguo si parlerà solo di innovazione in termini generici.
- *Mercati.* L'impatto positivo di questa innovazione è di modesta entità. La competizione si focalizza sulla dinamica dei costi, sia sul raggiungimento della qualità e della differenziazione strategica.
- *Sistema economico.* Nessun miglioramento nel breve termine; nel medio lungo termine si genera una leggera crescita lineare.

□ **Innovazione di III grado-moderato: “maggiore”.** Sono miglioramenti nel prodotto e/o processo di produzione - un esempio citato da Archibugi e Santarelli (1989) è quello dell'introduzione degli orologi a cristalli liquidi che hanno generato i seguenti principali effetti:

- *Consumatore.* Aumenta in maniera modesta la sua situazione gradevole, comoda e vantaggiosa nell'uso del bene. L'innovazione aumenta il ventaglio dei gusti del consumatore riguardo al bene oggetto dell'innovazione, soddisfacendoli. La distanza dall'origine della nuova curva di indifferenza tende ad essere di una certa entità (modesta).
- *Imprese.* L'innovazione riguarda *diverse imprese (n) di un determinato settore (A)* che modificano le loro condizioni di produzione, con un moderato miglioramento dell'efficienza-efficacia organizzativa (produzione, commerciale, personale, ecc.) e un moderato incremento dei profitti. Lo spostamento verso l'origine della funzione di produzione tende ad essere di modesta dimensione.

- *Mercati.* L’impatto positivo di questa innovazione è modesto. All’interno si può generare una modificazione nella *gerarchia di imprese che hanno piccole differenze in termini di quote di mercato (s).*
- *Sistema economico.* Nessun miglioramento nel breve termine, nel medio-lungo termine si genera una moderata crescita lineare.

Osservazione. Queste primi tre gradi di intensità innovativa, come si evince dalla tabella 1, rientrano nella prima fascia e sono caratterizzati da un basso impatto generale sui sistemi ed agenti economici.

□ **Innovazione di IV grado-discreto: “microradicale”.** Sono miglioramenti intermedi nel processo di innovazione come ad esempio l’introduzione di hard-disk dei computer più potenti (Durand, 1992) che generano i seguenti effetti:

- *Consumatore.* Discreto aumento del beneficio nell’uso del bene, sotto forma di una discreta situazione gradevole, comoda e vantaggiosa. L’innovazione soddisfa meglio il ventaglio di gusti/esigenze dei consumatori.
- *Imprese.* L’innovazione riguarda *diverse imprese (m, con $m > n$) di un determinato settore* che modificano le loro condizioni di produzione, con un discreto miglioramento dell’efficienza-efficacia organizzativa (produzione, commerciale, personale, ecc.), delle prestazioni del prodotto offerto sul mercato e dei profitti. Secondo Abernathy e Clark (1985) l’impresa aumenta la massimizzazione delle vendite.
- *Mercati.* L’impatto di questa innovazione è di intensità discreta. All’interno si può generare una modificazione della *gerarchia delle imprese che hanno differenze fra le loro quote di mercato (t, con $t > s$) di una certa entità.*
- *Sistema economico.* Modesto miglioramento nel breve termine, mentre nel medio-lungo termine si genera una discreta crescita lineare.

□ **Innovazione di V grado-forte: “radicale”.** Innovazione radicalmente nuova che avviene in maniera discontinua nel tempo. Un esempio è l’innovazione avvenuta nel campo della biomedicina con gli apparecchi auricolari per i soggetti con difficoltà uditiva. I principali effetti generati da queste innovazioni sono:

- *Consumatore.* Soddisfa un bisogno in passato insoddisfatto e/o ne crea uno nuovo. L’innovazione migliora la vita del singolo consumatore-fruitori, aumentano il suo livello generale di benessere e soddisfazione.
- *Imprese.* Riguardano *tutte le imprese di un determinato settore (A)* che tendono a cambiare le condizioni di produzione esistenti e nuove imprese possono

nascere sulla base dell'innovazione. Le imprese che sviluppano principalmente questi tipi di innovazioni sono quelle definite da Freeman aggressive (1987) e operanti nella tassonomia di Pavitt (1984) soprattutto nel settore science-based.

- *Mercati.* L'impatto di questa innovazione è veramente forte. La competizione fra le imprese presenti risulta completamente modificata, anche per l'arrivo delle nuove entranti. Il gioco competitivo di questa innovazione è descritto bene dagli studi di Arrow (1962), Gilbert e Newbery (1982) che parlano di innovazione drastica. Nuove nicchie di mercato possono nascere all'interno del settore con competizione fra imprese nuove e quelle già presenti che si diversificano entrando in nuovi mercati.
- *Vie di comunicazione.* L'innovazione se riguarda i settori collegati alle attuali vie di comunicazione, le migliora considerevolmente.
- *Sistema economico.* Nel breve termine la nascita del nuovo mercato a seguito dell'innovazione genera una considerevole crescita del sistema, nel lungo periodo la crescita tende ad essere consistente.

Un interessante esempio di come nasca questa innovazione e faccia sviluppare un nuovo settore è ben descritto da Van de Ven e Garud (1993) nel campo biomedico, dove un ruolo importante nella generazione degli effetti è giocato dagli attori pubblici e privati.

Osservazione. Questi due gradi di intensità innovativa rientrano nella seconda fascia e sono caratterizzati, oltre dall'accadere in maniera discontinua nel tempo, da un medio impatto generale sui sistemi ed agenti economici.

- **Innovazione di VI grado-fortissima: “nuovo sistema tecnologico”.** Grappolo di innovazioni economicamente e tecnicamente interrelate. Un esempio sono le innovazioni nei materiali sintetici e nella petrolchimica avvenute nella prima metà del 1900 che generano i seguenti effetti sull'ambiente:
 - *Consumatore.* Soddisfa una serie di nuovi bisogni migliorando notevolmente il livello generale di vita ed aumentando considerevolmente il benessere.
 - *Imprese.* Riguarda tutte le imprese di un determinato settore (A) ed alcuni settori ad esso collegati ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$). Le imprese tendono a modificare le condizioni di produzione ed organizzazione. Queste innovazioni, come le precedenti, si originano in settori science-based e *knowledge based*, anche se poi si diffondono a cascata nelle altre tipologie di imprese teorizzate da Pavitt (1984).

- *Mercati.* L’impatto di questa innovazione è fortissima. Tutta una serie di nuovi mercati nascono ed influenzano anche quelli collegati. La competizione intersettoriale risulta modificata.
 - *Vie di comunicazione.* Le attuali vie di comunicazione e modi di comunicare sono modificati e migliorati. L’innovazione accorcia la distanza spazio-temporale.
 - *Occupazione.* Nuova occupazione è creata nei settori interessati.
 - *Sistema economico.* Nel breve termine la nascita di nuovi mercati genera una crescita molto forte con un generalizzato beneficio per tutto il sistema economico. Nel medio-lungo termine il sistema segue un sentiero di forte sviluppo.
- **Innovazione di VII grado-rivoluzionaria: “rivoluzione tecnologica”.** Grappolo di innovazioni economicamente e tecnicamente interrelate che sono basilari nell’economia e si diffondono in maniera trasversale in tutti i comparti economici. Il paesaggio geoeconomico è completamente modificato rispetto al recente passato, con cambiamenti che tendono ad amplificarsi ad una velocità vertiginosa. Un esempio di queste innovazioni che hanno investito l’ambiente tecnologico sono quelle basate sull’information technology e nate dalla convergenza di due correnti di innovazioni un tempo distinte: la tecnologia delle informazioni, interessata alla trasmissione delle informazioni, e l’informatica interessata all’elaborazione delle informazioni. Gli effetti provocati sono i seguenti:
- *Consumatore.* Cambia stile di vita, modalità di acquisto, propensione al risparmio ed investimento, ecc. Il livello di vita risulta considerevolmente migliorato.
 - *Imprese.* Riguardano *tutte le imprese di tutti i settori economici (A, B, ..., Z).* Le strutture organizzative sono modificate e di conseguenza anche i comportamenti. Nascono una serie di nuove imprese che offrono nuovi servizi e/o prodotti. Si cambiano gli stili di produzione, organizzazione e gestione. Una serie di nuove imprese nate da questa innovazione sono quelle che Archibugi (1989) definisce information intensive.
 - *Mercati.* Questa innovazione rivoluziona tutti i mercati attuali, creandone dei nuovi. I mercati diventano sempre più turbolenti (Emery e Trist, 1965). Nascono nuovi modi di competizione.
 - *Vie di comunicazione.* Nasce un nuovo modo di comunicare. I vecchi modi di comunicare sono stravolti e sostituiti dai nuovi.

- *Occupazione.* Nuova occupazione è creata nei paesi avanzati e contemporaneamente ridotta in altri settori e paesi non all'avanguardia.
- *Sistema economico.* Il sistema economico vive uno sviluppo vertiginoso. I mercati finanziari crescono, nascono nuovi strumenti finanziari e nelle borse valori sono creati nuovi indici per seguire meglio il nuovo andamento dell'economia (un esempio è il NASDAQ- National Association Dealers Automated Quotation System della borsa di New York (NYSE) che segue l'andamento del mercato elettronico delle imprese informatiche nate dall'ultima innovazione di VII, quella telematica).
- *Relazione fra paesi.* Le relazioni fra i paesi si modificano velocemente e quelli lenti ad adattarsi alle nuove tecnologie possono subire un peggioramento delle principali variabili macroeconomiche. La gerarchia fra alcuni paesi può cambiare e aumentare in maniera incolmabile il divario con paesi già in passato non evoluti.
- *Osservazioni generali.* La capacità propulsiva sullo sviluppo messa in campo dalla rivoluzione tecnologica è così elevata da trainare tutta l'economia e grazie ai nuovi modi di comunicazione c'è una maggiore integrazione territoriale. L'innovazione di VII è la premessa per la creazione di nuove reti commerciali più efficienti e, successivamente alla loro introduzione, sono applicate al settore dei trasporti, consentendo di intensificare le comunicazioni. Il sistema di trasporto si potenzia e diventa più regolare, rafforzando i rapporti internazionali. Queste innovazioni determinano settori che sono di importanza strategica sia a livello economico, sia politico. La potenza propulsiva di queste innovazioni è amplificata grazie alla loro facile applicazione nelle imprese che innescano un circolo virtuoso di sviluppo. Le imprese si orientano verso una crescente valorizzazione degli elementi nuovi (ad esempio nella presente era telematica gli elementi propulsori della produzione sono costituiti dall'informazione, dalla conoscenza e dal capitale umano). Un'altra caratteristica delle innovazioni di VII, oltre all'applicazione nel settore delle comunicazioni, è la loro facile attitudine ad una diffusione di massa. La loro larga diffusione ha consentito di creare corsie preferenziali e strumenti che incrementassero il grado di interazione tra i diversi contesti mondiali. La mobilità delle persone, delle merci, dei capitali e delle informazioni tende aumentare ed il tempo di percorrenza nello spazio tende a ridursi considerevolmente. Le migliorie che introducono le innovazioni di VII aumentano l'internazionalizzazione dell'economia grazie alle nuove reti generate dalla tecnologia.

Un esempio di questi tipi di innovazioni sono individuate da Freeman e Soete (1986) nelle tecnologie dell'informatica che hanno le seguenti caratteristiche dominanti: a) altissimo tasso di mutamento delle industrie, così come un'ampia gamma di industrie connesse con le loro applicazioni; b) miglioramento della qualità dei prodotti, dei processi produttivi e dei servizi; c) collegare reti di fornitori con reti di assemblaggio o con imprese di servizi.

Le caratteristiche del mutamento tecnologico nel campo dell'informatica sono state riassunte in maniera saliente anche da Carlotta Perez (1985) nei seguenti punti: 1) flessibilità dei processi produttivi e della progettazione dei prodotti; 2) potenzialità diffuse di crescita della produttività di tutti i fattori produttivi.

Osservazione. Questi ultimi due gradi di intensità innovativa rientrano nella terza fascia e sono caratterizzati da un alto impatto generale sui sistemi ed agenti economici.

La collocazione di un'innovazione al rispettivo grado di intensità può avvenire considerando nella fase iniziale dell'innovazione una serie di domande, ad esempio:

Come migliora la soddisfazione dei consumatori? Come migliora la produttività delle imprese? Come si spostano le funzioni di utilità e gli isoquanti? L'innovazione soddisfa uno/diversi/molti nuovi bisogni? Riguarda una o più imprese? Riguarda uno o più settori? Porta ad una crescita o sviluppo economico? L'innovazione introduce un nuovo modo di comunicare?

Vista la natura qualitativa delle suddette domande, la verifica empirica si può avere considerando, un gruppo di esperti operanti in diversi campi che potrebbero essere intervistati con tecniche del tipo Delphi (Turoff, 1977) o utilizzando i principali strumenti dell'analisi microeconomica (Varian, 1993), macroeconomica (Hall e Taylor, 1989) e dell'industrial organization (Martin, 1994) che chiaramente richiederebbero studi più laboriosi nella fase di raccolta ed analisi dati.

4. Discussione ed implicazioni di politica dell'innovazione

Lo scopo del presente lavoro era quello di valutare l'impatto delle innovazioni sull'ambiente economico, descrivendone gli effetti. Le tassonomie finora proposte hanno analizzato solo particolari aspetti delle innovazioni, generando diverse denominazioni. Il presente lavoro, partendo da un'analogia con la scala sismica proposta da Mercalli per valutare i terremoti, ha raccolto in maniera sistematica tutte le tassonomie sulle innovazioni conosciute, uniformate in una scala dove c'è una

denominazione, eccetto il grado che è crescente in base alla maggiore intensità degli effetti provocati negli elementi del paesaggio geo-economico. La descrizione delle diverse intensità ha tenuto conto sia dei principali effetti sui fondamentali attori microeconomici (consumatore, imprese), sia di quelli macroeconomici (occupazione, squilibrio fra i vari paesi). Il ricercatore nella valutazione dell'intensità innovativa con questa scala non necessita inizialmente di strumenti di analisi economica complessi ma può essere sufficiente un'osservazione diretta degli effetti innovativi sul paesaggio socioeconomico (dove sono visibili un numero enorme di possibili punti di misura) ed è questo un vantaggio dello strumento dell'intensità innovativa. Inoltre un altro vantaggio è quello che ogni singola innovazione può essere comparata alle altre e la misura dell'intensità può essere direttamente ricavata. Infatti, una scala ben impostata può fornire delle utili indicazioni che il sistema economico sta entrando in nuovi stati più avanzati, caratterizzati da una forte turbolenza (Emery e Trist, 1965). A differenza della tassonomia di Freeman la scala dell'intensità innovativa presentata cerca di mettere in luce soprattutto gli effetti positivi dell'innovazione, anziché di quelli distruttivi. L'altra tassonomia descritta in teoria è quella di Pavitt che pone l'accento soprattutto sulle imprese, i soggetti economici che creano (non sempre), usano e diffondono le innovazioni nel sistema economico. Nella scala dell'intensità innovativa si tiene conto degli studi di Pavitt, collocando alcune imprese nella scala a seconda delle principali innovazioni che caratterizzano il settore. La tassonomia proposta di Durand (1992) considera esclusivamente l'aspetto strategico dell'innovazione per le imprese presenti sul mercato, aspetto che chiaramente è stato compreso nella scala costruita. Lo studio presenta un approccio geo-economico che sia complementare alle analisi storiche svolte, classificando le innovazioni con gradi di intensità semplici e chiari. L'aver chiamato le innovazioni in I, II grado e così via ha il fine di fornire una denominazione onnicomprensiva che comprenda tutti i possibili effetti che possono verificarsi sul paesaggio economico ed in particolare sui seguenti elementi:

- sorgenti dell'innovazione (università, centri di ricerca, imprese); interfacce (*liaison office*, centri di servizi), fruitori (imprese e consumatori) ed altre organizzazioni
- oggetti materiali ed immateriali come le vie di comunicazione
- variabili macroeconomiche (occupazione, vantaggio competitivo di alcune nazioni, etc.).

In questo tragitto l'innovazione subisce dei mutamenti a seguito delle sue proprietà funzionali e strutturali e contemporaneamente, con i suoi effetti innesca nello spazio economico un insieme di forze socioeconomiche che alterano la topografia stessa del paesaggio. Inoltre, oltre agli effetti spaziali sul paesaggio economico, si osservano

quali sono gli effetti temporali del cambiamento tecnologico. Ad esempio le innovazioni di I-III hanno un effetto di breve termine su alcune variabili (fatturato, profitti, ...), invece nel lungo periodo generano una leggera e costante crescita lineare dell'apparato produttivo. Le innovazioni di VI-VII, invece, hanno degli effetti nel lungo periodo di forte propulsività dell'economia, generando una consistente crescita accompagnata da un vertiginoso sviluppo economico. Inoltre, utilizzando la variabile spaziale si può osservare come gli effetti sul territorio delle innovazioni di livello basso sono circoscritti nel loro raggio d'azione, mentre nei livelli alti (V-VI-VII) l'onda diffusiva dell'innovazione è di ampia portata fino a coprire interamente tutto il macro ambiente economico (ad eccezione di qualche piccola area arretrata). Si fa presente come esista un rapporto positivo fra la gradazione della scala e i cambiamenti generati dalle innovazioni, i soggetti-oggetti interessati ed il tasso di sviluppo. Il modo con cui questi effetti avvengono sul territorio e si diffondono generando il cambiamento tecnologico può essere descritto dagli studi di Sahal (1985) con l'interessante rappresentazione topografica dell'evoluzione tecnologica. Lo studioso osserva come un'ampia varietà di progressi tecnici sono caratterizzati da strade innovative che danno origine ad una serie distinta di percorsi di sviluppo. Sahal sostiene che una tecnologia nel suo stato iniziale può essere paragonata ad una palla che partendo da un bacino montano può rotolare lungo una delle due valli sottostanti, con un percorso che non è né completamente sistematico, né completamente casuale (chiaramente dipende dalla morfologia stessa del paesaggio).

Il punto centrale del lavoro è stato anche quello di mostrare come passando dalle innovazioni di I a quelle di VII gli effetti sugli elementi economici aumentano; inoltre man mano che aumenta l'intensità del cambiamento tecnologico l'impatto innovativo comprende sempre più nuovi elementi. Infatti, quando le innovazioni sono ad un basso livello (I-III) gli effetti sono percepibili solo presso i soggetti microeconomici e l'impatto sul mercato è di modesta entità. Quando l'intensità innovativa raggiunge livelli alti, oltre ad avere un forte impatto sugli elementi microeconomici, si hanno anche forti effetti sugli elementi macroeconomici e sulle vie di comunicazione che chiaramente non sono intaccate ai primi livelli. Tra i principali promotori del cambiamento tecnologico, meritano di essere ricordati i laboratori di ricerca pubblici (Coccia e Rolfo, 1999a; 1999b), ricche sorgenti di conoscenze dove in alcuni casi nascono innovazioni soprattutto per fini militari e poi sono immersi nel sistema economico con fini civili, basti pensare all'esempio della rete internet. Altre sorgenti sono le imprese dinamiche (aggressive e difensive; Freeman, 1984) che sono per così dire i *driver* del cambiamento tecnologico nell'economia. Grazie a queste ultime le innovazioni hanno una diffusione di massa e se le altre imprese non si adeguano

velocemente diventano estranee al sistema evolutivo con effetti localizzati di fallimenti e disoccupazione. Se si considera il sistema economico come formato da tanti sub sistemi, in seguito alle innovazioni di VI-VII, alcuni possono assorbire bene l'innovazione crescendo, altri sotto insiemi invece subiscono delle alterazioni organiche e funzionali e possono generare in alcuni casi patologici la cessazione di alcune attività (settori in crisi ed obsoleti). A livello locale/settoriale si hanno queste controindicazioni, ma su scala mondiale il sistema economico si sposta verso stadi di sviluppo più avanzati.

La scala dell'intensità innovativa scaturita da un approccio geografico supporta l'interpretazione del complesso fenomeno del cambiamento tecnologico e del funzionamento dei principali meccanismi economici e del comportamento degli agenti che sia il più vicino possibile alla realtà empiricamente osservabile. L'utilità di questa scala può essere rinvenuta nel fatto di collocare un'innovazione al rispettivo livello, dove sono già conosciuti i principali effetti che possono essere utilizzanti per gestire nel modo più razionale possibile il comportamento degli agenti economici, presi singolarmente e/o come sistema, per indirizzarli verso le migliori traiettorie.

Negli ultimi due secoli, grazie all'aumento delle interazioni fra i soggetti economici sia a livello nazionale sia internazionale, si è avuta un'accelerazione verso la realizzazione di innovazioni complesse basate sul mescolamento delle conoscenze derivanti dai campi più disparati. Questa tendenza, vista la maggior integrazione mondiale, tenderà ad accentuarsi in futuro ed a generare sempre più innovazioni di livello alto. Si osserva come nel caso sia individuata un'innovazione di livello medio-basso, in tal caso un ruolo fondamentale nello sfruttare i benefici delle innovazioni è giocato dai manager delle imprese ed in particolare dai manager della R&D. Questi ultimi dovrebbero mostrare una forte sensibilità, disponibilità e preparazione per intraprendere le iniziative adeguate a sfruttare le opportunità tecnologiche. Se l'impresa è follower dovrebbe avere un'efficiente rete commerciale per captare tutti i segnali provenienti sia dai consumatori sia dalle altre imprese-concorrenti per inviare le informazioni al vertice che dovrebbe in tal caso intraprendere un'attività di imitazione per conservare la quota di mercato. Mentre se l'impresa gioca da leader sul mercato il suo manager dovrebbe utilizzare un coupling model (Dodgson, Rothwel, 1996) per essere la fonte dei cambiamenti tecnologici in base agli input provenienti sia dal mercato, sia dai propri laboratori di R&S.

Come sostiene Sahal (1985) la tecnologia ha un carattere duale ed è sia un oggetto, sia uno strumento di evoluzione in base agli effetti generati sul sistema economico. Nelle innovazioni di VI e VII grado l'onda genera sia effetti microeconomici sia macroeconomici ed i *policy maker* dovrebbero prestare molta

considerazione ai rilevanti sentieri tecnologici, utilizzando strategie diverse in base ai differenti comparti dell'economia. In alcuni settori potrebbe essere importante adottare misure diffusion-oriented (Ergas, 1987) per facilitare l'assorbimento delle tecnologie, in altri sarebbe più utile adottare misure mission-oriented (Ergas, 1987), come ad esempio nei settori science based, per cercare di spostare la frontiera della conoscenza in avanti. Chiaramente non ci può essere un unico approccio di politica industriale ottimale di gestione del cambiamento tecnologico (Pianta e Sirilli, 1997). Superando la distinzione tra politica scientifica e tecnologica, gli strumenti disponibili in presenza di alti livelli innovativi sono raggruppabili in tre grandi aree (Rolfo, 2001): 1) politiche di progetto riconducibili alle politiche scientifiche attraverso la collaborazione tra le imprese e il mondo della ricerca pubblica per abbassare i costi della ricerca e ridurre i rischi; 2) politiche di diffusione e trasferimento della tecnologia che assistono le imprese con strumenti basati sull'incentivazione (sussidi o agevolazioni fiscali) all'acquisto di macchinari e nuove attrezzature incorporanti l'innovazione; 3) Politiche infrastrutturali che con il concetto di Technological infrastructure policy (TIP) di Teubal (1996) comprendono le politiche precedenti e molte iniziative fra cui le strutture miste di ricerca, strutture di trasferimento tecnologico e iniziative di *clustering e networking*. Inoltre nella gestione del cambiamento tecnologico si dovrebbero usare sia i classici strumenti della politica dell'innovazione tradizionale (Arrow, 1962), sia quelli del filone evolutivo come ad esempio favorire i processi di apprendimento e/o sbloccare i *lock-in* (Nelson e Winter, 1982; Levinthal, 1996). La strategia ottimale del *policy-maker* è di utilizzare un mix di questi strumenti a seconda del settore interessato, dell'innovazione, del momento temporale e dell'ambiente geografico in modo da ottimizzare gli effetti immediati e futuri tenendo conto delle caratteristiche degli agenti, delle strutture organizzative e del tessuto industriale e culturale presente nel sistema socioeconomico dei paesi.

La presente ricerca presentando una scala dell'intensità innovativa basata su approccio geo economico tiene implicitamente in considerazione come sulle onde innovative eserciti un'influenza importante la distanza fisica e che i maggiori effetti si verifichino nei pressi dell'epicentro innovativo. Una simile considerazione potrebbe non essere realistica nell'attuale era della *digital economy* dove i processi innovativi trascendono sempre più dalla dimensione fisica (*market place*), smaterializzandosi e seguendo sempre più processi di diffusione nel market space. Come sostiene Hagerstrand (1960) la distanza fisica può non essere la misura più significativa nel processo di comunicazione ma è sostituita dalla distanza funzionale che dipende dalla sfera spaziale dei soggetti economici (reddito, professione, fatturato, cultura aziendale, ecc.). A supporto dell'impostazione della scala dell'intensità innovativa si sottolinea

come l'esistenza di aree omogenee dal punto di vista socio-economico, con presenza di omofilia con l'epicentro dell'innovazione, facilita la diffusione dell'informazione rispetto alle aree eterogenee ed con eterofilia. A favore della diffusione dell'innovazione solo in alcune aree bisogna sottolineare come la conoscenza sia localizzata in ben definite situazioni tecniche istituzionali, regionali ed industriali (Antonelli, 2000). La conoscenza tecnologica è specifica dell'industria, della regione, dell'impresa e diventa costoso utilizzarla altrove. Il carattere localizzato della conoscenza tecnologica aumenta la sua appropriabilità, ma ne riduce la circolazione spontanea nel sistema economico (Lamberton, 1971; David, 1993a, 1993b; Mansfield, 1985; Jorde e Teece, 1990; Rosenberg, 1990). Poiché la conoscenza tecnologica tende ad essere altamente specifica ed è costosa utilizzarla altrove, le condizioni di comunicazione giocano un ruolo fondamentale nella sua generazione e nel suo uso. Tornquist (1968) sostiene che gli importanti rapporti non possono essere mantenuti con la dovuta efficienza per lettera o per telecomunicazione, ma richiedono un contatto personale diretto e quindi l'uso dei mezzi di trasporto. Questi contatti richiedano la presenza personale di gente spesso molto qualificata, ... Questi contatti prendono quindi la forma di colloqui e discussioni nei quali le capacità di comunicazione interpersonale sono molto importanti. Sebbene siamo nella *net economy* dove molte comunicazioni avvengono per via telematica, i contatti faccia a faccia sono fondamentali nel processo di trasferimento e diffusione tecnologica (Coccia, 1999) e sono più facili se tenuti nei luoghi ricchi di informazione, con disponibilità di servizi specializzati (finanziari, legali, pubblicitari), con facilità di accesso alle aree metropolitane e con una limitata distanza spaziale fra sorgente dell'innovazione e fruitore.

Un'interessante considerazione è quella che ad ogni grado della scala dell'intensità innovativa il soggetto reagisce di fronte all'innovazione con serie crescente di emozioni, alcune positive altre non-positive. Le emozioni dipendono dal tipo di innovazione, dal soggetto che le percepisce, dall'istante temporale del processo di assorbimento dell'individuo ed infine dall'intensità dell'innovazione. Nel momento iniziale, di fronte all'innovazione, l'individuo può mostrare un *interesse*, essere *sorpreso* e questo gli genera un desiderio di esplorazione della novità. Se l'innovazione appartiene al livello alto della scala dell'intensità innovativa e presenta una certa complessità intrinseca; l'individuo può essere disorientato a causa dello stupore dell'innovazione e al fatto di non comprendere facilmente il funzionamento o l'innovatività. Man mano che l'innovazione è assorbita subentra uno stato (successivo) rappresentato dalla *felicità* dovuta all'esperienza di gratificazione nella fruizione dei benefici innovativi. Nel caso l'innovazione generi un intenso piacere, la felicità evolve in uno stadio superiore rappresentato *dall'estasi* (Brenner, 1974). Infine quando il

soggetto padroneggia l'innovazione subentra il *trionfo* ed *l'appagamento*, un piacere scaturito dall'aver dominato la complessità dell'innovazione e di poterne fruire di tutti i benefici. Vista la profondità di considerazioni che si possono fare al riguardo si preferisce rinviare l'analisi e la discussione dell'argomento in un'altra sede.

La scala dell'intensità innovativa è un punto di partenza nella descrizione di tutti i possibili effetti del cambiamento tecnologico e chiaramente, affinché possa essere un utile strumento interpretativo e predittivo, è necessario che in futuro sia notevolmente migliorata ed arricchita nelle sue parti. Il principale problema che potrebbe avere la scala è il sottostante impianto teorico che risente molto dell'influenza degli studi di sismologia, la precisione nella descrizione degli effetti e l'attendibilità e generalizzabilità come strumento. Questi problemi mostrano come la strada da percorrere è ardua e lunga ed occorre svolgere ulteriori studi nella valutazione del cambiamento tecnologico. Il presente lavoro vuole essere un primo passo in questa direzione di valutazione qualitativa adattabile ai diversi contesti spaziali e facilmente aggiornabile in base alle evoluzioni temporali dei sistemi socioeconomici. Il prossimo passo è di sviluppare la presente ricerca su due livelli: 1) arricchire la descrizione degli effetti delle varie ondate innovative; 2) aggiungere altri gradi, prima dell'estremo superiore, per meglio spiegare gli effetti dell'attuale complessità dell'economia caratterizzata sempre più da incertezza (Dasgupta e Stiglitz, 1980), turbolenza ed informazioni incomplete; 3) migliorare, ai rispettivi livelli, la descrizione delle principali emozioni degli agenti e la loro psicoevoluzione nel passaggio ai livelli superiori.

L'obiettivo ultimo sarebbe quello di avere un modello di previsione delle onde innovative che fornisca, sin dal loro stadio embrionale, avvertimenti ai policy-maker e manager sui potenziali cambiamenti che l'innovazione genererà sul sistema economico sia nel breve sia nel medio lungo termine.

Appendice: Scala dell'intensità innovativa
Tabella 2

EFFETTI DEL CAMBIAMENTO TECNOLOGICO						
Grado	Intensità	Tipologia	Consumatore	Impresa	Mercati e Sistema Economico	
I FASCIA	I	Leggerissima	Latente	Migliora l'efficace uso del bene	Aumento lieve della performance del personale	Impercettibile
	II	Leggera	Incrementale (dalla televisione B/N a quella a colori)	Allontanamento lieve della funzione di utilità dall'origine	Avvicinamento lieve dell'isoquanto verso l'origine e incremento leggero della produttività.	Riguarda una singola impresa, operante in un singolo settore Focalizzazione della competizione sui costi, sul raggiungimento della qualità e della differenziazione strategica. Genera nel fist-mover un piccolo vantaggio competitivo, assorbito non appena gli altri competitor imitano l'innovazione. Avvengono in maniera continua. La traiettoria tecnologica preesistente, nata dai paradigmi già presenti, aumenta la sua portata innovativa in misura leggera.
	III	Moderata	Maggiore (orologio a cristalli liquidi)	Aumenta la gradevolezza funzionale nell'uso di beni e/o servizi, variegando i gusti	Aumenta la quota di mercato e migliora la produttività interna. Modifica alcune condizioni di produzione. Lo spostamento verso l'origine dell'isoquanto tende ad essere di moderata entità	Coinvolge diverse imprese ed organizzazioni. Genera un aumento della concorrenza intrasettoriale ed una modificazione della gerarchia fra imprese che hanno piccole differenze nelle loro quote di mercato. Miglioramenti lievi nel breve termine, invece nel lungo termine si ha una moderata crescita lineare del settore interessato. Nasce una nuova traiettoria tecnologia dal preesistente paradigma.
II FASCIA	IV	Discreta	Micro-radical (hard disk dei computer)	Discreto aumento della funzione di utilità e migliore soddisfazione dei variegati gusti.	Discreto miglioramento dell'efficacia-efficienza produttiva e dei profitti. L'impresa massimizza le vendite	Modificazione della gerarchia anche fra imprese che hanno differenze di quote di mercato di una certa entità. I miglioramenti nel breve termine sono visibili e determinano nel lungo termine una discreta crescita. Nascono diverse nuove traiettorie tecnologiche dal preesistente paradigma.
	V	Forte	Radical (TV)	Soddisfa un bisogno, in passato insoddisfatto, e/o ne crea uno nuovo	Sviluppa un nuovo mercato che si traduce in un consistente aumento del fatturato e dei profitti	Tecnologia radicalmente nuova che genera nuovi mercati e nuovi settori industriali. La sua capacità innovativa aumenta i benefici di segmenti di consumatori, prima non serviti. La competizione è intensa non solo fra le imprese già presenti ma anche per l'arrivo di nuove. Il paradigma tecnologico preesistente è notevolmente migliorato e si sposta verso stadi di sviluppo più avanzati raggiungendo la sua frontiera.
III FASCIA	VI	Fortissima	Nuovi sistemi tecnologici (gruppo di innovazioni collegate da interconnessioni tecnologiche e produttive: plastica)	Soddisfa una serie di bisogni e ne crea dei nuovi. Diversi gusti sono soddisfatti e il livello di vita migliora in termini generali	Tutte le imprese del settore e di alcuni settori collegati mutano le condizioni di produzione e organizzazione. Si sviluppano i mercati attuali e nascono dei nuovi	Grande effetto pervasivo che muta le condizioni di produzione non solo nei settori che li producono e li utilizzano, ma anche in quelli collegati. L'innovazione migliora le attuali vie di comunicazione, i mercati sono turbolenti e il sistema economico ha un alto sviluppo sia nel breve che nel medio-lungo termine. Nasce un nuovo paradigma tecnologico.
	VII	Rivoluzionaria	Rivoluzioni tecnologiche (macchina a vapore, telematica)	Cambia gli stili di vita	Cambia gli stili di produzione, organizzazione e gestione aziendale	Modifica la struttura produttiva di tutti i settori. Genera delle nuove ere economico-storico-sociali. Nascono nuovi settori industriali e in quelli esistenti i livelli di concorrenza e di occupazione sono modificati. Cambiano tutti i livelli di struttura-condotta-performance fra i vari settori. I mercati hanno una forte turbolenza con un'intensissima competizione su grande scala. Nasce un modo di comunicare che influenza anche i tradizionali modi. L'onda innovativa determina una fortissima capacità propulsiva per lo sviluppo del sistema economico. Nasce un nuovo paradigma tecnologico.

Bibliografia

- Abernathy W. J., Clark K. B. (1985) "Innovation: mapping the winds of creative destruction", in *Research Policy*, n. 14, 3-22.
- Abernathy W.J., Utterback J.M. (1985) "Patterns of industrial innovation", in *Technological Review*, n. 50, 41-47.
- Abramovitz M. (1956) "Resource and output trends in the US since 1970", in *American Economic Review*, vol. 46, 5-23.
- Antonelli C. (2000), (a cura di), *Conoscenza tecnologica. Nuovi paradigmi dell'innovazione e specificità italiana*, Edizioni Fondazione Giovanni Agnelli, Torino.
- Archibugi D., Santarelli E. (1989) *Cambiamento tecnologico e sviluppo industriale* (a cura di), Franco Angeli, Milano.
- Arrow K. (1962) "Economic welfare and the allocation of resources for invention" in R. Nelson (eds) *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton.
- Bottazzi G., Dosi G., Rocchetti G. (2001) "Modes of knowledge accumulation, entry regimes and patterns of industrial evolution", in *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n. 3, 609-638.
- Brenner C. (1974) "On the nature and development of affect: a unified theory", in *Psychoanalytic Quarterly*, 43, 532-556.
- Brown L. (1968) "Diffusion Dynamics: a review and revision of the quantitative theory of the spatial diffusion of innovation", in *Lund studies in geogr.*, Series B, XXXIX.
- Cancani A. (1903) "Registrazioni sismiche ottenute nella stazione sperimentale del Collegio Romano degli apparati «Cancani» a registrazione veloce-continua", *Bollettino della Società Sismologica Italia*, vol. IX, pp. 91-97.
- Clark K. B. (1985) "The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution", in *Research Policy*, n. 14, 235-251.
- Coccia M. (1999) "Trasferimento tacito della conoscenza: gli Istituti CNR dell'Area di Ricerca di Ricerca di Torino", in *Working Paper*, Anno 1, n. 7, Ceris-Cnr, Torino.
- Coccia M. (2001) "Trasferimento tecnologico: indicatori spaziali", in *Working Paper*, Anno 3, n. 10, Ceris-Cnr, Torino.
- Coccia M., Rolfo S. (1999a) "Ricerca pubblica e trasferimento tecnologico. Il caso Cnr del Piemonte", in Secondo Rolfo (a cura di), *Innovazione e piccole imprese*, Franco Angeli Editore, Milano.
- Coccia M., Rolfo S. (1999b) *The technology transfer in the Italian national research council: the case of the institutes in the Piedmont region*, 3rd International conference on technology policy & innovation - session new tools and findings in knowledge management, 31 August – 2 September, Austin – Texas (USA).
- Cohen W., Malerba F., Mowery D., Winter S. (2001) "Introduction to the special issue in honor of Richard Nelson" in *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n. 3, 549-560.

- Cohen W., Malerba F. (2001) "Is the tendency to variation a chief cause of progress?", in *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n. 3, 587-608.
- Dasgupta P., Stiglitz J. (1980) "Industrial structure and the nature of innovation activity", in *Economic Journal*, June, 266-93.
- David P.A. (1993a) "Knowledge property and the system dynamics of technological change", in *Proceedings of the World Bank annual conference on development economics*, Washington (D.C.), The World Bank.
- David P.A. (1993b) "Path-dependence and predictability in dynamic systems with local network externalities: a paradigm for historic economics", in D. Foray e C. Freeman (a cura di), *Technology and the wealth of nations*, London, Pinter.
- Dodgson M., Rothwell R. (1996) *The handbook of industrial innovation*, Edward Elgar.
- Dosi G. (1982) "Technological paradigms and technological trajectories. A suggest interpretation of the determinants and directions of technical change", in *Research Policy*, vol. 2, n.3, 147-162.
- Durand T. (1992) "Dual technology trees: assessing the intensity and strategic significance of technology change", in *Research Policy*, n. 21, 361-380.
- Emery F.E., Trist E.L. (1965) "The casual texture of organisational environment", in *Human Relations*, n.18, 21-32.
- Ergas H. (1987) "The importance of technology policy", in Dasgupta P., Stoneman P. (eds) *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, 51-96.
- Eveland J. D. (1986) "Diffusion, technology transfer and implementation", in *Knowledge*, vol.8, n.2, 303-322.
- Fagerberg J. (1987) "A technology gap approach to why growth rates differ", in *Research Policy*, vol. 16, n. 2-4, 87-99.
- Freeman C. (1984) "Prometheus unbound", in *Future*, n. 16, vol. 5, 494-507.
- Freeman C. (1984) "The challenge of new technology", in *Inderscience and Cooperation in Tomorrow's World*, cap. 5, OECD, Paris.
- Freeman C., Clark J, Soete L. (1982) *Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development*, Frances Printer, London.
- Freeman C., Soete L. (1982) *L'onda Informatica. Nuove tecnologie ed Occupazione*, edizioni Il sole 24 ore, Milano.
- Freeman C., Soete L. (1987) *Technical Change and full Employment (eds)*, Basic Blackwell.
- Gaffard J.L. (1990) *Economie Industrielle et de l'Innovation*, Dalloz, Paris.
- Gilbert R., Newbery D. (1982) "Pre-emptive patenting and persistence of monopoly", in *American Economic Review*, 72, 514-526.
- Hägerstrand T. (1960) "Aspects of the spatial structure of social communication and diffusion of information", in *Papers and Proceedings in the Regional Science Association*, 16, 27-42.
- Hall R.E., Taylor J.B. (1989) *Macroeconomia*, Hoepli, Milano.
- Hansen N. M. (1967) "Towards a new approach in regional economic policy", in *Land Economics*, n. 43, 377-383.

- Jorde T.M., Teece D.J. (1990) "Innovation and co-operation: implications for competition and antitrust", in *Journal of economic perspectives*, n. 4.
- Keirstead B.S. (1948) *The theory of economic change*, Macmillan, Toronto.
- Khun T. (1962) *The structure of scientific revolutions*, University Press Chicago.
- Kimberly J. (1981) "Management of innovation", in Nystrom P., Starbuck W. (eds), *Handbook of Organisational Design*, Oxford University Press, vol. 1, 84-104.
- Lamberton D. (1971), (a cura di), *Economics of information and knowledge*, Harmondsworth, Penguin.
- Levinthal D. (1996) "Learning schumpeterian dynamic", in G. Dosi, F. Malerba (eds) *Organizatin and strategy in the evolution of enterprise*, Macmillan, New York.
- Maitland I. (1982) "Organisational structure and innovation: the Japanese case", in Lee S., Schwendiman (eds.), *Management by Japanese system*, Prager, NY.
- Malerba F. (1988) "Apprendimento, innovazione e capacità tecnologiche: verso una nuova concettualizzazione dell'impresa", in *Economia e Politica Industriale*, 58, 33-63.
- Malerba F. (2001) *Economia dell'innovazione* (a cura di), Carocci Editore, Roma.
- Mansfield E. (1985) "How rapidly does new industrial technology leak out", in *Journal of industrial economics*, n. 34.
- Martin S. (1994), *Industrial Economics*, Prentice Hall, Inc., New Jersey, Usa.
- Mensch G. (1979) *Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression*, Ballinger, NY.
- Mercalli G. (1883) *Vulcani e Fenomeni Vulcanici in Italia*, (ristampa anastatica, Sala Bolognese 1981, Milano).
- Metcalfe J.S., Gibbons M. (1987) "On the economics of structural change and the evolution of technology", in Pasinetti L. (eds), *Structural Change, Economic Interdependence and World Development*, vol. 3, Lloyd C., MacMillan, London.
- Metcalfe J. S. (2001) "Institutions and progress", in *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, n. 3, 561-586.
- Nelson R. N., Winter S. (1982) *An Evolution Theory of Economic Change*, Belknap Press of Harvard University, Cambridge, MA.
- Nelson R.R. (1981) "Research on productivity growth and productivity differences: dead ends and new departures", in *Journal of Economic Literature*, vol. XIX, 1029-1064.
- Pareto V. (1909) *Manuel d'Economie Politique*, Giardet Brière, Paris.
- Pavitt K. (1984) "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory", in *Research Policy*, 13, 6, 343-373.
- Perez C. (1985) "Microelectronic, long waves and world structure change: new perspective for developing countries", in *World development* vol. 13, n. 3, 441-63.
- Piaget J. (1952) *Psicologia dell'intelligenza*, Giunti-Barbèra, Firenze.
- Pianta M., Sirilli G. (1997) "Impact of innovation policies: evidence from the Italian innovation survey", in *Science and Public Policy*, vol. 24, n. 4, 245-253.
- Priest W.C., Hill C.T. (1980) *Identifying and assessing discrete technological innovations: an approach to output indicators*, National Science Fondation, Waschington.
- Richter C.F. (1958) *Elementary Seismology*, Freeman, San Francisco.

- Rolfo S. (2001) "Le politiche per l'innovazione tecnologica", in G. Vitali (a cura di), *Imprese e mercati nell'Europa della moneta unica* UTET, Torino.
- Rosenberg N. (1990) "Why do firms do research (with their own money)?", in *Research Policy*, n. 19.
- Sahal D. (1981) *Patterns of technological innovation*, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Sahal D. (1985) "Technological guidepost and innovation avenues", in *Research Policy*, n. 14, 61-82.
- Saviotti P. (1988) "The measurement of change in technological output", in Van Raan (eds) *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Elsevier, Amsterdam.
- Schumpeter J. (1939) *Business Cycles*, McGraw Hill, NY.
- Siberg A. (1930) *Geologie der Ederbeden. Handbuch der Geophysik*, 550-555.
- Sirilli G. (1999) "Measuring technological innovation in industry in European Union and post-socialism country", in Dyer D.A., Radosevic S. (eds) *Innovation and structural change in post-socialism countries: a quantitative approach*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Sirilli G. (2000) "La misurazione della ricerca: metodi ed indicatori", in Garonna P., Iammarino S. (eds) *Economia della Ricerca*, Il Mulino, Bologna.
- Solow R. (1957) "Technical change and the aggregate production function", in *Review of Economics and Statistics*, vol. 38, 312-320.
- Teubal M. (1996) *Technological infrastructure policy. An international perspective*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Tornquist G. (1968), "Flows of Information and the Location of Economic Activities", in *Lung Studies Geography, Series B*, n. 30.
- Townsend J. (1981) *Science and technology indicators for the UK. Innovation in Britain Since 1945*, paper n. 16, SPRU, Brighton.
- Turoff M. (1971) "The design of a policy Delphi", in *Technology Forecasting and Social Change*, vol. 2.
- Van de Ven A. H., Garud R. (1993) "Innovation and Industry development: the case of cochlear implants", in *Research on Technology Innovation, Management and Policy*, vol. 5, 1-46.
- Varian H. (1993) *Microeconomic Analysis*, Norton.
- Wilson J. (1978) "Innovation in organization: notes toward a theory", in Thompson J. (Eds) *Approaches to Organizational Design*, University of Pittsburg Press, Pittsburg.
- Zumbach G.O., Dacorogna M.M., Olsen J.L., Olsen R.B. (1999) *A Richter scale for financial markets – introducing a scale of market shocks*, Europhysics Conference - Applications of Physics in Financial Analysis, 15-17 July, Trinity College Dublin, Ireland.

WORKING PAPER SERIES (2002-1993)

2002

- 1/02 *La valutazione dell'intensità del cambiamento tecnologico: la scala Mercalli per le innovazioni*, by Mario Coccia, January
- 2/02 SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. *Regulatory constraints and cost efficiency of the Italian public transit systems: an exploratory stochastic frontier model*, by Massimiliano Piacenza, March
- 3/02 *Aspetti gestionali e analisi dell'efficienza nel settore della distribuzione del gas*, by Giovanni Fraquelli and Fabrizio Erbetta, March
- 4/02 *Dinamica e comportamento spaziale del trasferimento tecnologico*, by Mario Coccia, April
- 5/02 *Dimensione organizzativa e performance della ricerca: l'analisi del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, by Mario Coccia and Secondo Rolfo, April
- 6/02 *Analisi di un sistema innovativo regionale e implicazioni di policy nel processo di trasferimento tecnologico*, by Monica Cariola and Mario Coccia, April
- 7/02 *Analisi psico-economica di un'organizzazione scientifica e implicazioni di management: l'Istituto Elettrotecnico Nazionale "G. Ferraris"*, by Mario Coccia and Alessandra Monticone, April
- 8/02 *Firm Diversification in the European Union. New Insights on Return to Core Business and Relatedness*, by Laura Rondi and Davide Vannoni, May
- 9/02 *Le nuove tecnologie di informazione e comunicazione nelle PMI: un'analisi sulla diffusione dei siti internet nel distretto di Biella*, by Simona Salinari, June
- 10/02 *La valutazione della soddisfazione di operatori di aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, November
- 11/02 *Analisi del processo innovativo nelle PMI italiane*, by Giuseppe Calabrese, Mario Coccia and Secondo Rolfo, November
- 12/02 *Metrics della Performance dei laboratori pubblici di ricerca e comportamento strategico*, by Mario Coccia, September
- 13/02 *Technometrics basata sull'impatto economico del cambiamento tecnologico*, by Mario Coccia, November

2001

- 1/01 *Competitività e divari di efficienza nell'industria italiana*, by Giovanni Fraquelli, Piercarlo Frigero and Fulvio Sugliano, January
- 2/01 *Waste water purification in Italy: costs and structure of the technology*, by Giovanni Fraquelli and Roberto Giandrone, January
- 3/01 SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. *Il trasporto pubblico locale in Italia: variabili esplicative dei divari di costo tra le imprese*, by Giovanni Fraquelli, Massimiliano Piacenza and Graziano Abrate, February
- 4/01 *Relatedness, Coherence, and Coherence Dynamics: Empirical Evidence from Italian Manufacturing*, by Stefano Valvano and Davide Vannoni, February
- 5/01 *Il nuovo panel Ceris su dati di impresa 1977-1997*, by Luigi Benfratello, Diego Margon, Laura Rondi, Alessandro Sembenelli, Davide Vannoni, Silvana Zelli, Maria Zittino, October
- 6/01 *SMEs and innovation: the role of the industrial policy in Italy*, by Giuseppe Calabrese and Secondo Rolfo, May
- 7/01 *Le martingale: aspetti teorici ed applicativi*, by Fabrizio Erbetta and Luca Agnello, September
- 8/01 *Prime valutazioni qualitative sulle politiche per la R&S in alcune regioni italiane*, by Elisa Salvador, October
- 9/01 *Accords technology transfer-based: théorie et méthodologie d'analyse du processus*, by Mario Coccia, October
- 10/01 *Trasferimento tecnologico: indicatori spaziali*, by Mario Coccia, November
- 11/01 *Does the run-up of privatisation work as an effective incentive mechanism? Preliminary findings from a sample of Italian firms*, by Fabrizio Erbetta, October
- 12/01 SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. *Costs and Technology of Public Transit Systems in Italy: Some Insights to Face Inefficiency*, by Giovanni Fraquelli, Massimiliano Piacenza and Graziano Abrate, October
- 13/01 *Le NTBFs a Sophia Antipolis, analisi di un campione di imprese*, by Alessandra Ressico, December

2000

- 1/00 *Trasferimento tecnologico: analisi spaziale*, by Mario Coccia, March
- 2/00 *Poli produttivi e sviluppo locale: una indagine sulle tecnologie alimentari nel mezzogiorno*, by Francesco G. Leone, March
- 3/00 *La mission del top management di aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, March

- 4/00 *La percezione dei fattori di qualità in Istituti di ricerca: una prima elaborazione del caso Piemonte*, by Gian Franco Corio, March
- 5/00 *Una metodologia per misurare la performance endogena nelle strutture di R&S*, by Mario Coccia, April
- 6/00 *Soddisfazione, coinvolgimento lavorativo e performance della ricerca*, by Mario Coccia, May
- 7/00 *Foreign Direct Investment and Trade in the EU: Are They Complementary or Substitute in Business Cycles Fluctuations?*, by Giovanna Segre, April
- 8/00 *L'attesa della privatizzazione: una minaccia credibile per il manager?*, by Giovanni Fraquelli, May
- 9/00 *Gli effetti occupazionali dell'innovazione. Verifica su un campione di imprese manifatturiere italiane*, by Marina Di Giacomo, May
- 10/00 *Investment, Cash Flow and Managerial Discretion in State-owned Firms. Evidence Across Soft and Hard Budget Constraints*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, June
- 11/00 *Effetti delle fusioni e acquisizioni: una rassegna critica dell'evidenza empirica*, by Luigi Benfratello, June
- 12/00 *Identità e immagine organizzativa negli Istituti CNR del Piemonte*, by Paolo Enria, August
- 13/00 *Multinational Firms in Italy: Trends in the Manufacturing Sector*, by Giovanna Segre, September
- 14/00 *Italian Corporate Governance, Investment, and Finance*, by Robert E. Carpenter and Laura Rondi, October
- 15/00 *Multinational Strategies and Outward-Processing Trade between Italy and the CEECs: The Case of Textile-Clothing*, by Giovanni Balcet and Giampaolo Vitali, December
- 16/00 *The Public Transit Systems in Italy: A Critical Analysis of the Regulatory Framework*, by Massimiliano Piacenza, December

1999

- 1/99 *La valutazione delle politiche locali per l'innovazione: il caso dei Centri Servizi in Italia*, by Monica Cariola and Secondo Rolfo, January
- 2/99 *Trasferimento tecnologico ed autofinanziamento: il caso degli Istituti Cnr in Piemonte*, by Mario Coccia, March
- 3/99 *Empirical studies of vertical integration: the transaction cost orthodoxy*, by Davide Vannoni, March
- 4/99 *Developing innovation in small-medium suppliers: evidence from the Italian car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/99 *Privatization in Italy: an analysis of factors productivity and technical efficiency*, by Giovanni Fraquelli and Fabrizio Erbetta, March
- 6/99 *New Technology Based-Firms in Italia: analisi di un campione di imprese triestine*, by Anna Maria Gimigliano, April
- 7/99 *Trasferimento tacito della conoscenza: gli Istituti CNR dell'Area di Ricerca di Torino*, by Mario Coccia, May
- 8/99 *Struttura ed evoluzione di un distretto industriale piemontese: la produzione di casalinghi nel Cusio*, by Alessandra Ressico, June
- 9/99 *Analisi sistemica della performance nelle strutture di ricerca*, by Mario Coccia, September
- 10/99 *The entry mode choice of EU leading companies (1987-1997)*, by Giampaolo Vitali, November
- 11/99 *Esperimenti di trasferimento tecnologico alle piccole e medie imprese nella Regione Piemonte*, by Mario Coccia, November
- 12/99 *A mathematical model for performance evaluation in the R&D laboratories: theory and application in Italy*, by Mario Coccia, November
- 13/99 *Trasferimento tecnologico: analisi dei fruitori*, by Mario Coccia, December
- 14/99 *Beyond profitability: effects of acquisitions on technical efficiency and productivity in the Italian pasta industry*, by Luigi Benfratello, December
- 15/99 *Determinanti ed effetti delle fusioni e acquisizioni: un'analisi sulla base delle notifiche alle autorità antitrust*, by Luigi Benfratello, December

1998

- 1/98 *Alcune riflessioni preliminari sul mercato degli strumenti multimediali*, by Paolo Vaglio, January
- 2/98 *Before and after privatization: a comparison between competitive firms*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, January
- 3/98 **Not available**
- 4/98 *Le importazioni come incentivo alla concorrenza: l'evidenza empirica internazionale e il caso del mercato unico europeo*, by Anna Bottasso, May
- 5/98 *SEM and the changing structure of EU Manufacturing, 1987-1993*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November

- 6/98 *The diversified firm: non formal theories versus formal models*, by Davide Vannoni, December
- 7/98 *Managerial discretion and investment decisions of state-owned firms: evidence from a panel of Italian companies*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, December
- 8/98 *La valutazione della R&S in Italia: rassegna delle esperienze del C.N.R. e proposta di un approccio alternativo*, by Domiziano Boschi, December
- 9/98 *Multidimensional Performance in Telecommunications, Regulation and Competition: Analysing the European Major Players*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December

1997

- 1/97 *Multinationality, diversification and firm size. An empirical analysis of Europe's leading firms*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, January
- 2/97 *Qualità totale e organizzazione del lavoro nelle aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, January
- 3/97 *Reorganising the product and process development in Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, February
- 4/97 *Buyer-supplier best practices in product development: evidence from car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/97 *L'innovazione nei distretti industriali. Una rassegna ragionata della letteratura*, by Elena Ragazzi, April
- 6/97 *The impact of financing constraints on markups: theory and evidence from Italian firm level data*, by Anna Bottasso, Marzio Galeotti and Alessandro Sembenelli, April
- 7/97 *Capacità competitiva e evoluzione strutturale dei settori di specializzazione: il caso delle macchine per confezionamento e imballaggio*, by Secondo Rolfo, Paolo Vaglio, April
- 8/97 *Tecnologia e produttività delle aziende elettriche municipalizzate*, by Giovanni Fraquelli and Piercarlo Frigero, April
- 9/97 *La normativa nazionale e regionale per l'innovazione e la qualità nelle piccole e medie imprese: leggi, risorse, risultati e nuovi strumenti*, by Giuseppe Calabrese, June
- 10/97 *European integration and leading firms' entry and exit strategies*, by Steve Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, April
- 11/97 *Does debt discipline state-owned firms? Evidence from a panel of Italian firms*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, July
- 12/97 *Distretti industriali e innovazione: i limiti dei sistemi tecnologici locali*, by Secondo Rolfo and Giampaolo Vitali, July
- 13/97 *Costs, technology and ownership form of natural gas distribution in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Roberto Giandrone, July
- 14/97 *Costs and structure of technology in the Italian water industry*, by Paola Fabbri and Giovanni Fraquelli, July
- 15/97 *Aspetti e misure della customer satisfaction/dissatisfaction*, by Maria Teresa Morana, July
- 16/97 *La qualità nei servizi pubblici: limiti della normativa UNI EN 29000 nel settore sanitario*, by Efisio Ibba, July
- 17/97 *Investimenti, fattori finanziari e ciclo economico*, by Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, rivisto sett. 1998
- 18/97 *Strategie di crescita esterna delle imprese leader in Europa: risultati preliminari dell'utilizzo del data-base Ceris "100 top EU firms' acquisition/divestment database 1987-1993"*, by Giampaolo Vitali and Marco Orecchia, December
- 19/97 *Struttura e attività dei Centri Servizi all'innovazione: vantaggi e limiti dell'esperienza italiana*, by Monica Cariola, December
- 20/97 *Il comportamento ciclico dei margini di profitto in presenza di mercati del capitale meno che perfetti: un'analisi empirica su dati di impresa in Italia*, by Anna Bottasso, December

1996

- 1/96 *Aspetti e misure della produttività. Un'analisi statistica su tre aziende elettriche europee*, by Donatella Cangialosi, February
- 2/96 *L'analisi e la valutazione della soddisfazione degli utenti interni: un'applicazione nell'ambito dei servizi sanitari*, by Maria Teresa Morana, February
- 3/96 *La funzione di costo nel servizio idrico. Un contributo al dibattito sul metodo normalizzato per la determinazione della tariffa del servizio idrico integrato*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, February
- 4/96 *Coerenza d'impresa e diversificazione settoriale: un'applicazione alle società leaders nell'industria manifatturiera europea*, by Marco Orecchia, February
- 5/96 *Privatizzazioni: meccanismi di collocamento e assetti proprietari. Il caso STET*, by Paola Fabbri, February
- 6/96 *I nuovi scenari competitivi nell'industria delle telecomunicazioni: le principali esperienze internazionali*, by Paola Fabbri, February
- 7/96 *Accordi, joint-venture e investimenti diretti dell'industria italiana nella CSI: Un'analisi qualitativa*, by Chiara Monti and Giampaolo Vitali, February

- 8/96 *Verso la riconversione di settori utilizzatori di amianto. Risultati di un'indagine sul campo*, by Marisa Gerbi Sethi, Salvatore Marino and Maria Zittino, February
- 9/96 *Innovazione tecnologica e competitività internazionale: quale futuro per i distretti e le economie locali*, by Secondo Rolfo, March
- 10/96 *Dati disaggregati e analisi della struttura industriale: la matrice europea delle quote di mercato*, by Laura Rondi, March
- 11/96 *Le decisioni di entrata e di uscita: evidenze empiriche sui maggiori gruppi italiani*, by Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, April
- 12/96 *Le direttrici della diversificazione nella grande industria italiana*, by Davide Vannoni, April
- 13/96 *R&S cooperativa e non-cooperativa in un duopolio misto con spillovers*, by Marco Orecchia, May
- 14/96 *Unità di studio sulle strategie di crescita esterna delle imprese italiane*, by Giampaolo Vitali and Maria Zittino, July. **Not available**
- 15/96 *Uno strumento di politica per l'innovazione: la prospezione tecnologica*, by Secondo Rolfo, September
- 16/96 *L'introduzione della Qualità Totale in aziende ospedaliere: aspettative ed opinioni del middle management*, by Gian Franco Corio, September
- 17/96 *Shareholders' voting power and block transaction premia: an empirical analysis of Italian listed companies*, by Giovanna Nicodano and Alessandro Sembenelli, November
- 18/96 *La valutazione dell'impatto delle politiche tecnologiche: un'analisi classificatoria e una rassegna di alcune esperienze europee*, by Domiziano Boschi, November
- 19/96 *L'industria orafa italiana: lo sviluppo del settore punta sulle esportazioni*, by Anna Maria Gaibisso and Elena Ragazzi, November
- 20/96 *La centralità dell'innovazione nell'intervento pubblico nazionale e regionale in Germania*, by Secondo Rolfo, December
- 21/96 *Ricerca, innovazione e mercato: la nuova politica del Regno Unito*, by Secondo Rolfo, December
- 22/96 *Politiche per l'innovazione in Francia*, by Elena Ragazzi, December
- 23/96 *La relazione tra struttura finanziaria e decisioni reali delle imprese: una rassegna critica dell'evidenza empirica*, by Anna Bottasso, December

1995

- 1/95 *Form of ownership and financial constraints: panel data evidence on leverage and investment choices by Italian firms*, by Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, March
- 2/95 *Regulation of the electric supply industry in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Elena Ragazzi, March
- 3/95 *Restructuring product development and production networks: Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, September
- 4/95 *Explaining corporate structure: the MD matrix, product differentiation and size of market*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November
- 5/95 *Regulation and total productivity performance in electricity: a comparison between Italy, Germany and France*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December
- 6/95 *Strategie di crescita esterna nel sistema bancario italiano: un'analisi empirica 1987-1994*, by Stefano Olivero and Giampaolo Vitali, December
- 7/95 *Panel Ceris su dati di impresa: aspetti metodologici e istruzioni per l'uso*, by Diego Margon, Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, December

1994

- 1/94 *Una politica industriale per gli investimenti esteri in Italia: alcune riflessioni*, by Giampaolo Vitali, May
- 2/94 *Scelte cooperative in attività di ricerca e sviluppo*, by Marco Orecchia, May
- 3/94 *Perché le matrici intersettoriali per misurare l'integrazione verticale?*, by Davide Vannoni, July
- 4/94 *Fiat Auto: A simultaneous engineering experience*, by Giuseppe Calabrese, August

1993

- 1/93 *Spanish machine tool industry*, by Giuseppe Calabrese, November
- 2/93 *The machine tool industry in Japan*, by Giampaolo Vitali, November
- 3/93 *The UK machine tool industry*, by Alessandro Sembenelli and Paul Simpson, November
- 4/93 *The Italian machine tool industry*, by Secondo Rolfo, November
- 5/93 *Firms' financial and real responses to business cycle shocks and monetary tightening: evidence for large and small Italian companies*, by Laura Rondi, Brian Sack, Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, December

Free copies are distributed on request to Universities, Research Institutes, researchers, students, etc.

Please, write to:

MARIA ZITTINO

Working Papers Coordinator

CERIS-CNR

Via Real Collegio, 30; 10024 Moncalieri (Torino), Italy

Tel. +39 011 6824.914; Fax +39 011 6824.966; m.zittino@ceris.cnr.it; <http://www.ceris.cnr.it>

Copyright © 2002 by CNR-Ceris

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the authors and CNR-Ceris